



אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

מדור בחינות

מתעד א'

תאריך: 20/9/2015

שם המרצה: פרופ' שאול מרדכי

מס' הקורסים: 203.1.1491

משך המבחן: 3.5 שעות

חומר עזר: מחשבון ודף נוסחאות (מצורף)

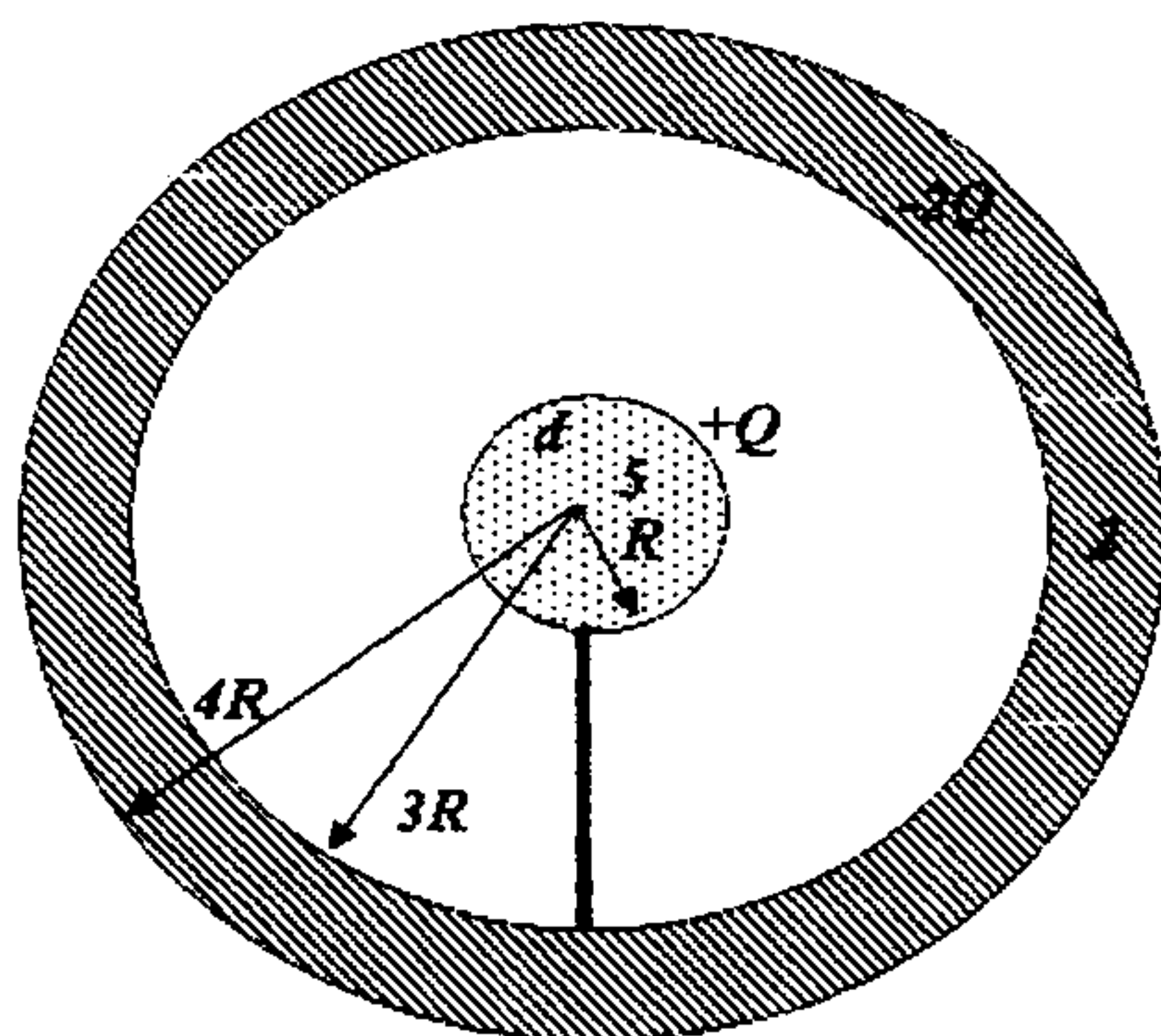
מבחן פיסיקה 2 לתלמידי כימיה, הנדסה כימית, הנדסת חומרים, הנדסת בניין והנדסת ביוטכנולוגיה

הוראות: ענו על 4 מתוך 5 השאלות הבאות. כל השאלות שוות בערךן פרט לשאלה 2 (30 נקודות) שכוללת סעיף בנוס. בטאו את תשובותיכם באמצעות נתוני השאלות בלבד.

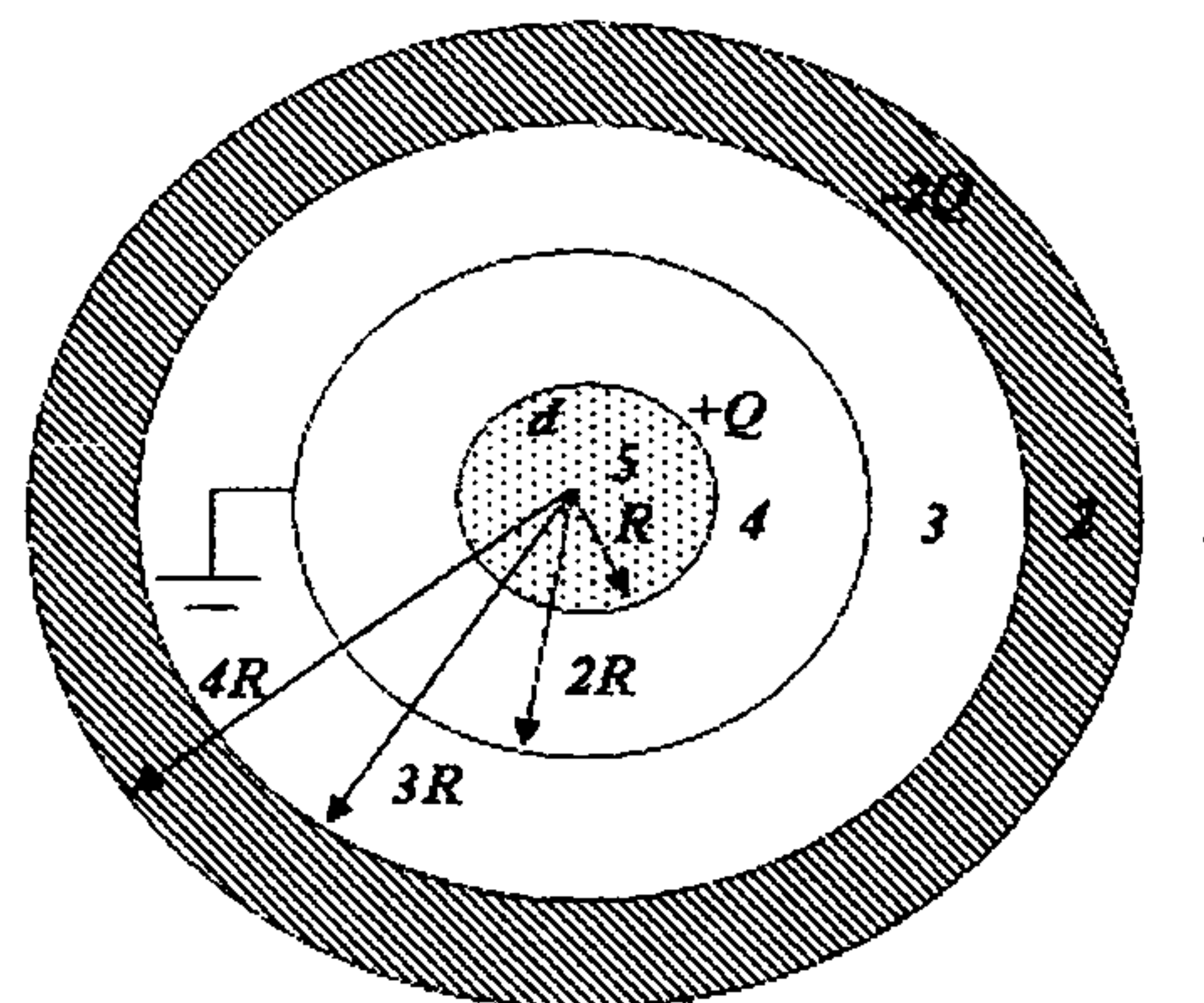
שאלה 1 (25 נקודות)

נתון כדור מוליך בעל רדיוס R הטעון במטען Q . מסביב לכדור ישנה קליפה דקה מוליכה, בעלת רדיוס של $2R$ המחוברת להארקה. מסביב לקליפה הדקה, נמצאת קליפה מוליכה עם רדיוס פנימי של $3R$ ורדיוס חיצוני של $4R$ ומטען $-2Q$. (כמתואר באיור 1).

- א. מהו המטען על הקליפה הדקה ועל הדופן הפנימית והחיצונית של הקליפה המוליכה? (10 נק')
- ב. מהו הפוטנציאל בכל האזורים במרחב (1 עד 5)? (5 נק')
- ג. גזרו את השדה מהפוטנציאל בתהומים אלו. (5 נק')
- ד. עתה מסירים את הקליפה המוארקת ומחברים את הכדור לקליפה המוליכה באמצעות תייל מוליך (איור 2). מה יהיו המטענים על הכדור, על הדופן הפנימית והדופן החיצונית של הקליפה? (5 נק')



איור 2



איור 1

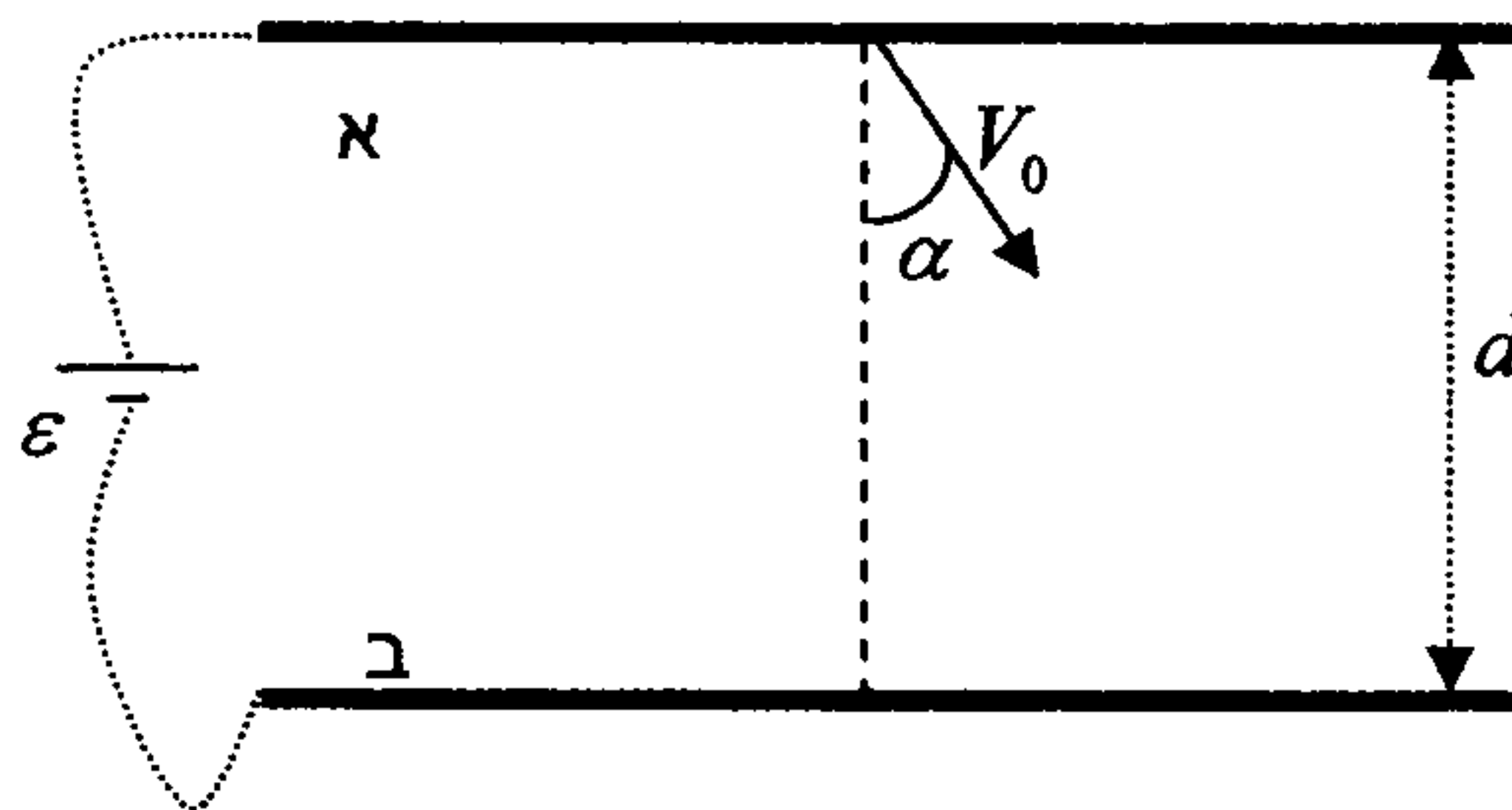
שאלה מספר 2 (25 נקודות)

במערכת הניסוי ישנם שני לוחות מוליכים אינסופיים שמרחקם זה מזה הינו d . אל הלוחות מחברים סוללה כמקור מתח ε כך שהלוח העליון (לוח א') מחובר להדק החיובי של מקור המתח והלוח התחתון (לוח ב') להדק השלילי. מן הלוח העליון נזרק חלקיק במהירות V_0 ובזווית α מהניצב למישור הלוחות, כפי שמוצג באיור. יש להתעלם מכח הכבידה בשאלה זאת.

א. (5 נקודות) בניסוי ראשון נזרק פרוטון, בניסוי שני נזרק פוזיטרון (אלקטרון בעל מטען חיובי). באיזה מן הלוחות יפגע החלקיק בכל אחד מהניסויים? (2 נ"ק) באיזה מהניסויים מהירות הפגיעה תהיה גדולה יותר? (2 נ"ק) האם ניתן לכייל את המתח בסוללה (גודל וכיוון) כך שהחלקיקים לא יפגעו באף אחד מן הלוחות? (1 נ"ק)

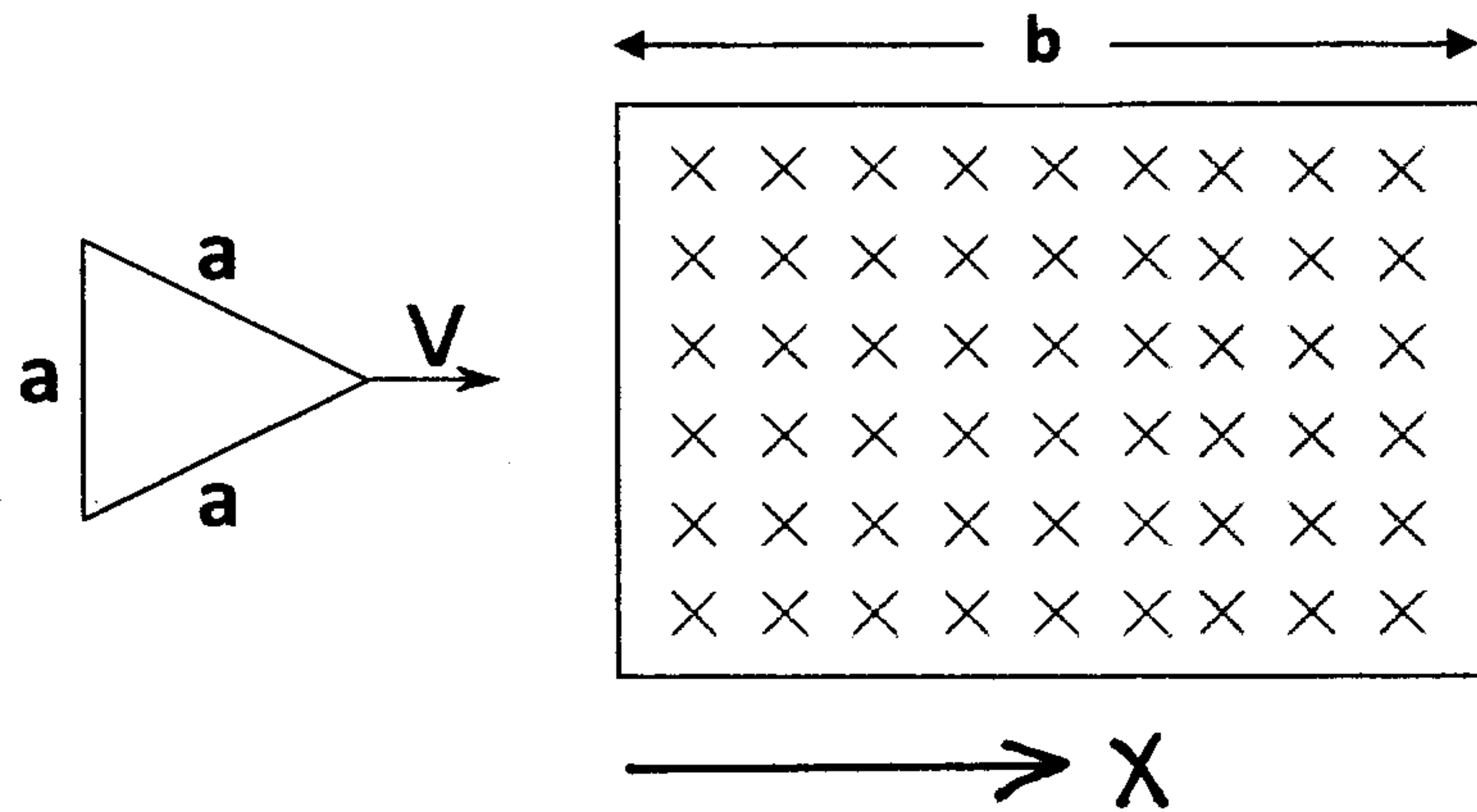
ב. (10 נקודות) חלקיק בעל מטען חיובי q ומסה m נזרק בתנאים הנ"ל. חשבו את המהירות הוקטורית (גודל וכיוון) שבה החלקיק יפגע בלוח ב'.

ג. (10 נקודות) כיצד יש לשנות את מטען החלקיק (סימן וגודל) כך שלא יפגע כלל בלוח ב'?



שאלה מספר 3 (25 נקודות)

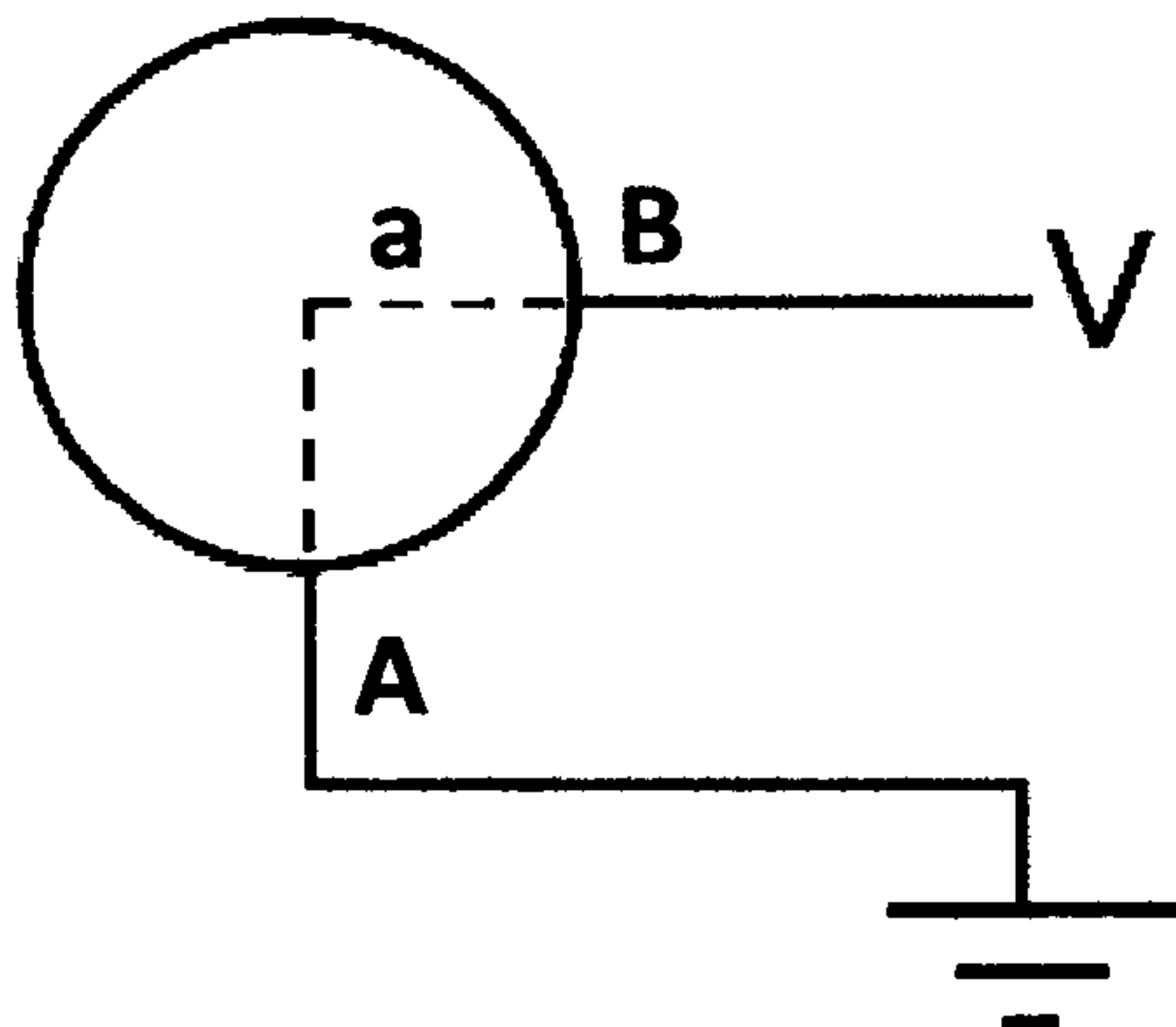
נתונה מסגרת משולשת שוות צלעות כך שאורך כל צלע הינו a . המסגרת נעה במהירות \vec{V} לתוך אזור בו ישנו שדה מגנטי הומוגני \vec{B} שכיוונו לתוך הדף, כמתואר באיור. לצלעות התנגדות סגולית ליחידת אורך ρ .



- א. (5 נקודות) חשבו את ההתנגדות הכוללת של המסגרת.
- ב. (10 נקודות) מהו גודל וכיוון הזרם המושרה במסגרת (עם כיוון השעון או נגד כיוון השעון) בשלבי התנועה השונים (לפני הכניסה, במהלך הכניסה, בעת התנועה בשדה, במהלך היציאה ולאחר היציאה)?
- ג. (10 נקודות) תאר גרף של השטף המגנטי והכא"מ המושרה כפונקציה של x .

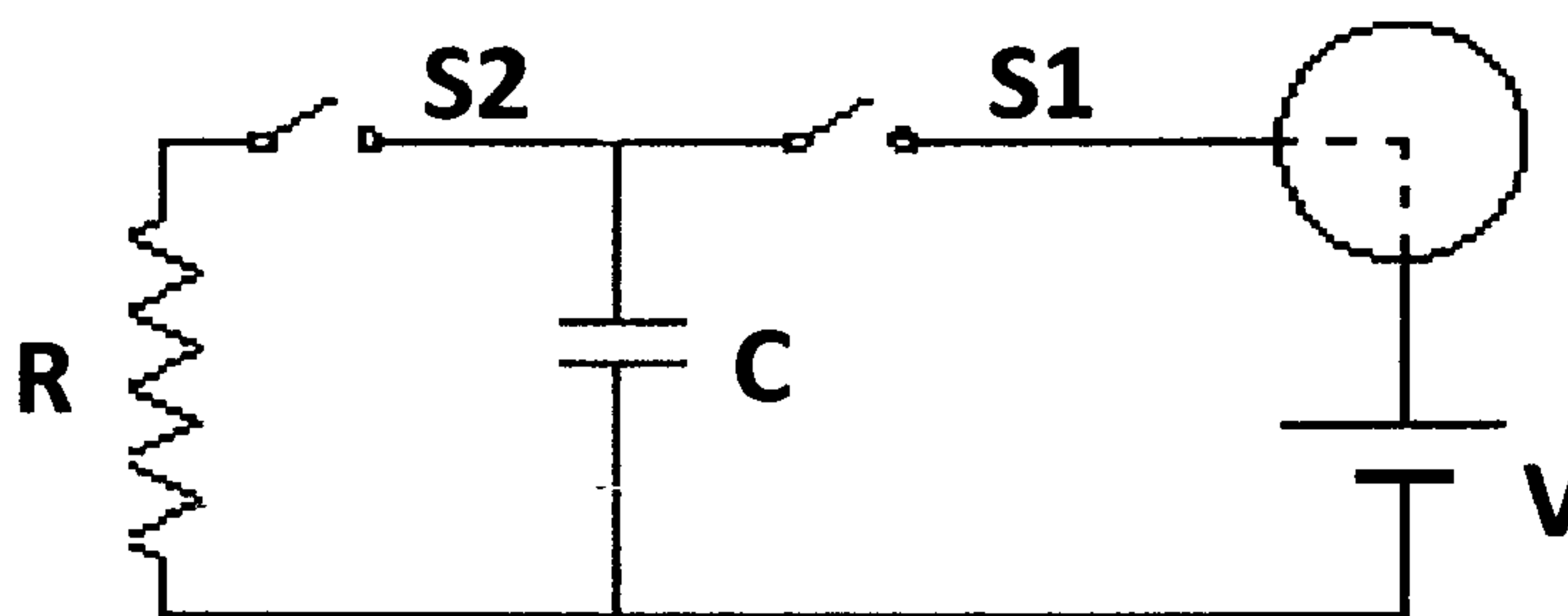
שאלה 5 (25 נקודות)

נתונה טבעת העשויה מחומר בעל התנגדות סגולית ρ . רדיוס הטבעת הוא a והרדיוס של התייל עצמו הוא r . מחברים את הטבעת למקור מתח בנקודה B ולהארקה בנקודה A, כאשר הקשת AB היא רבע מעגל.



א. מהי ההתנגדות השקולה של הטבעת? (בטאו תשובתכם בעזרת נתוני השאלה). (5 נק')

כעת מחברים את הטבעת הנ"ל למעגל הבא:



סוגרים את המתג S1 ופותחים את S2

ב. מהו הזרם שעובר דרך מקור המתח בזמן $t=0$. תארו גרף של הזרם כפונקציה של הזמן. (5 נק')

ג. מהו המטען על הקבל לאחר שמחכים שמהערכת תתייצב (כלומר מחכים הרבה זמן)? (5 נק')

כעת פותחים את S1 וסוגרים את S2

ד. מהו הזרם העובר דרך הנגד בזמן $t=0$? (5 נק')

ה. כעבור כמה זמן ידעך הזרם לכדי מחצית מערכו ההתחלתית הנ"ל? תארו גרף. (5 נק')

נתון: פריקה של קבל

$$q = q_0 e^{-\frac{t}{\tau_c}} \quad ; \quad \tau_c = RC$$

בהצלחה!

דף ניסוחאות

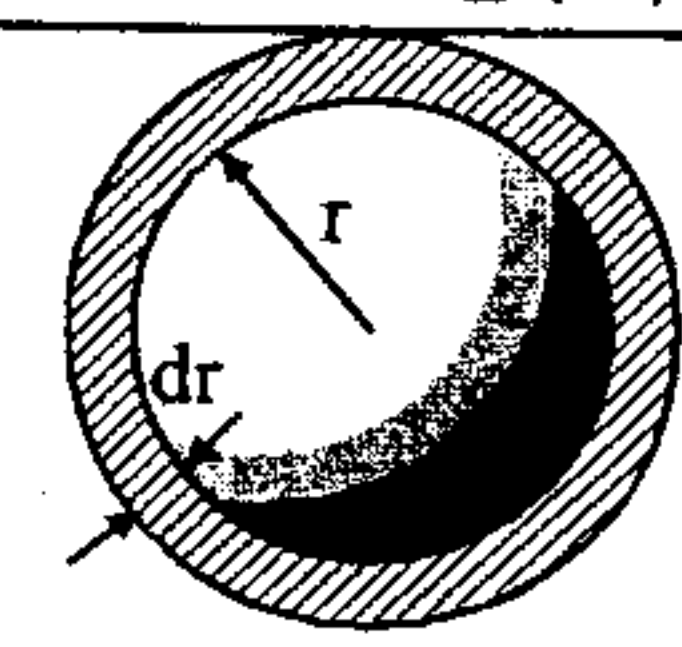
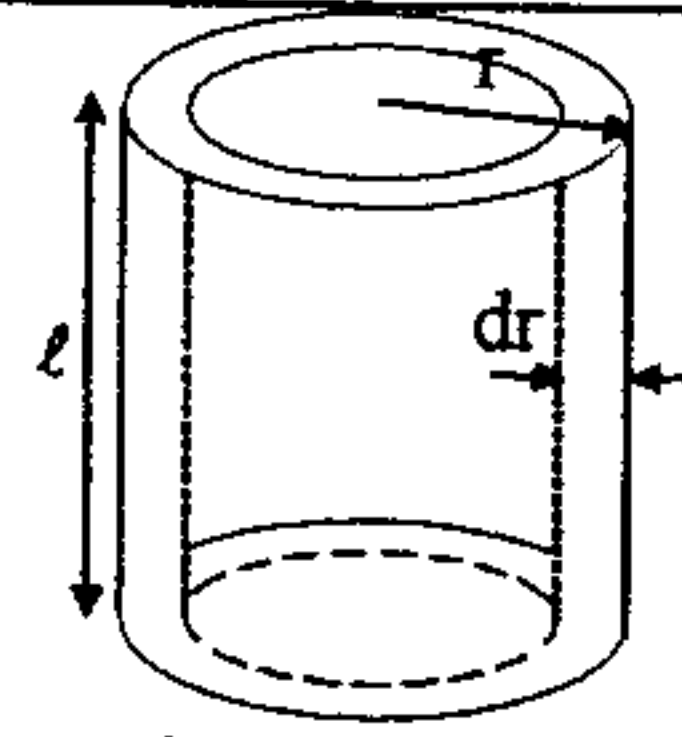
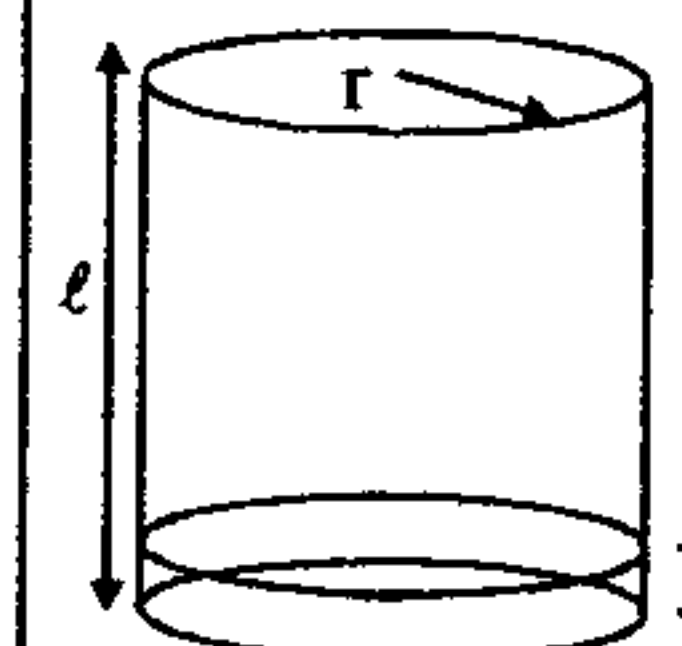
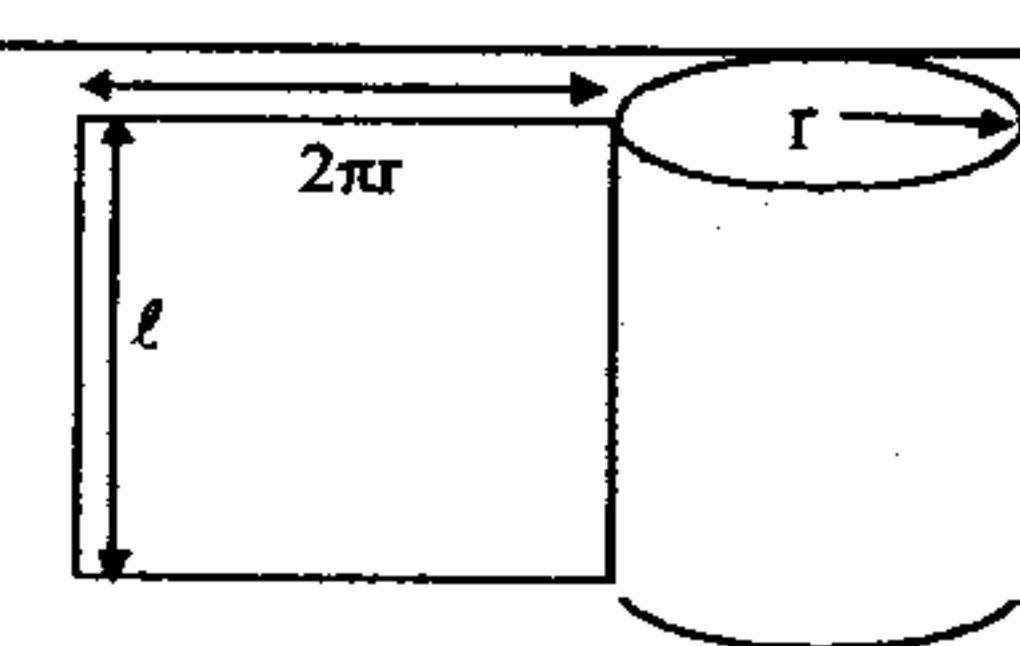
$i = dq/dt$	זרם חשמלי רגעי	$K=1/4\pi\epsilon_0=9\cdot 10^9 N\cdot m/C^2$ $\epsilon_0 = 8.85\cdot 10^{-12} C^2 / N\cdot m^2$	קבוע חשמלי חדירות הריק
$V = IR$	חוק אוהם	$\vec{F}_{21} = K \frac{q_1 q_2}{r_{21}^2} \hat{r}_{21}$	חוק קולון
$R = \rho \frac{\ell}{A}$	התנגדות התיל	$\vec{F} = q\vec{E}$	כוח הפועל על מטען נקודתי
$R = \sum_i R_i$	חיבור נגדים בטור	$\vec{E} = K \frac{q}{r^2} \hat{r}$	שדה של מטען נקודתי
$1/R = \sum_i 1/R_i$	חיבור נגדים במקביל	$\oint_A \vec{E} \cdot \hat{n} dA = \oint_A \vec{E} \cdot d\vec{A} = Q_{encl} / \epsilon_0$	חוק גאוס
$R(T) = R(T_0)(1 + \alpha(T - T_0))$	תלות התנגדות המוליך בטמפרטורה	$\Phi_e = \oint_A \vec{E} \cdot \hat{n} dA = \oint_A \vec{E} \cdot d\vec{A}$	שטף שדה חשמלי
$i = \int_A \vec{j} \cdot \hat{n} dA, j = di/dA$	צפיפות הזרם	$\vec{E} = \sum_i \vec{E}_i, \varphi = \sum_i \varphi_i$	עיקרון סופרפוזיציה לשדה ולפוטנציאל
$\vec{j} = \sigma \vec{E} = \vec{E} / \rho$	חוק אוהם דיפרנציאלי	$\lambda = \frac{dq}{dl}, \sigma = \frac{dq}{dA}, \rho = \frac{dq}{dV}$	צפיפות המטען
$W = VIt$	עבודת הזרם החשמלי	$W_{A \rightarrow B} = -q(\varphi_B - \varphi_A) = q \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l}$	עבודה של שדה חשמלי
$P = VI = I^2 R = V^2 / R = dW/dt$	הספק הזרם החשמלי	$V = \varphi_B - \varphi_A = - \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l}$ $V = \frac{U_B - U_A}{q} = - \frac{W_{A \rightarrow B}}{q}$	הפרש פוטנציאלים
$\sum i = 0, \sum \epsilon = \sum iR$	חוקי קירכהוף		
$V_{AB} = \sum iR - \sum \epsilon$	המתח בין שתי נקודות A ו-B	$V = Ed$	הפרש פוטנציאלים בקבל לוחות
$\epsilon = R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C},$ $q = C\epsilon(1 - e^{-t/RC})$	טעינת הקבל	$\varphi = Kq/r$ $E_x = -\frac{\partial \varphi}{\partial x}, E_y = -\frac{\partial \varphi}{\partial y}, E_z = -\frac{\partial \varphi}{\partial z}$	פוטנציאל של מטען נקודתי שדה חשמלי כפונקצית פוטנציאל
$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum i = \mu_0 \int_A \vec{j} \cdot d\vec{A}$	חוק אמפר	$C = q/V$	קיבול
$\vec{B} = \int d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{id\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$ $B = \int dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{i(\sin \alpha) dl}{r^2}$	חוק ביו-סבר	$C = \epsilon_0 \epsilon_r A/d$ $1/C = \sum_i 1/C_i$ $C = \sum_i C_i$	קיבול קבל לוחות חיבור קבלים בטור חיבור קבלים במקביל
$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B},$ $F = qvB \sin \alpha$	כוח על מטען בשדה מגנטי	$U = (1/2)CV^2 = Q^2/(2C) = (1/2)QV$ $U = (1/2)Q\varphi$	אנרגיית קבל טעון אנרגיית מוליך טעון
$F = i\vec{l} \times \vec{B}$ $F = i\ell B \sin \alpha$	כוח על תיל נושא זרם בשדה מגנטי	$U = (1/2) \int_V \rho\varphi dV$	אנרגיית מבוחד טעון
$\tau = iAB \sin \alpha = \mu B \sin \alpha$	מומנט סיבובי על מסגרת	$U = (\epsilon_0 \epsilon_r / 2) \int_V E^2 dV$	אנרגיית שדה חשמלי
$\mu = iA$	מומנט מגנטי	$\frac{1}{C_T} = \sum \frac{1}{C_i}$	קיבול שקול בחיבור טורי
$B = \mu_0 i / (2\pi r)$	שדה מגנטי של תיל אינסופי	$C_T = \sum C_i$	קיבול שקול בחיבור מקבילי
$B = \mu_0 i / (2R)$	שדה מגנטי במרכז כריכה		

$B = \mu_0 i N / \ell = \mu_0 i n$	מעגלית שדה מגנטי בתוך סליל ארוך		
$\Phi_B = \int_A \vec{B} \cdot \hat{n} dA = \int_A \vec{B} \cdot d\vec{A}$	שטף השדה המגנטי	$\varepsilon = -N \frac{d\Phi}{dt}$	כא"מ מושרה
$\Phi_B = \vec{B} \cdot \vec{A} = B \cdot A \cos \alpha$	שטף השדה המגנטי	$\varepsilon = Blv \sin \alpha$	כא"מ מושרה בתייל מוליך
$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i_1 i_2}{d}$	הכוח ליחידת אורך בין שני תיילים ארוכים מקבילים	$\varepsilon = -L \frac{di}{dt}$	כא"מ מושרה עצמית
$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$	קבוע מגנטי	$\varepsilon = NBA\omega \sin \omega t$	כא"מ מושרה במחולל
		$U = \frac{1}{2} Li^2$	האנרגיה האגורה במשך
		$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{N_1}{N_2}$	יחס ההשנאה של שנאי אידאלי
		$F = \frac{B^2 L^2 v \sin \alpha \sin \beta}{R}$	הכוח המושרה במוט הנע בזווית α לשדה מגנטי
$R = \frac{Mv_{\perp}}{qB}$	רדיוס הסיבוב בשדה המגנטי	$F = \frac{B^2 L^2 v}{R}$	הכוח המושרה על המוט הנע במאונך לשדה
$f = \frac{1}{2\pi} \frac{qB}{m}$	תדירות הסיבוב בשדה מגנטי	$\varepsilon = \varepsilon_{\max} \sin(\omega t)$	הכא"מ במסגרת המסתובבת במהירות זוויתית קבועה
$L = N \frac{\Phi}{i}$	השראות	$U = \frac{1}{2\mu_0} \int B^2 dV$	אנרגיה של שדה מגנטי
$L = \mu_0 N^2 V / \ell^2$	השראות של סליל ישר		

$$\int \frac{xdx}{\sqrt{a^2+x^2}} = \sqrt{a^2+x^2} + C, \int \frac{dx}{(a^2+x^2)^{3/2}} = \frac{x}{a^2\sqrt{a^2+x^2}} + C, \int \frac{dx}{a^2+x^2} = \frac{1}{a} \arctg \frac{x}{a} + C,$$

$$\int \frac{dx}{x} = \ln|x| + C, \int e^{ax} dx = \frac{1}{a} e^{ax} + C, \int \frac{xdx}{(a^2+x^2)^{3/2}} = -\frac{1}{\sqrt{a^2+x^2}} + C,$$

$$\int \frac{dx}{\sqrt{a^2+x^2}} = \ln|x + \sqrt{a^2+x^2}| + C, \int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} + C; (n \neq -1)$$

אלמנט נפח dV	נפח V	אלמנט שטח dA	שטח A	כדור
 $dV = 4\pi r^2 dr$	$V = \frac{4\pi R^3}{3}$ נפח הכדור		$A = 4\pi R^2$	
 בכיוון רדיאלי: $dV = 2\pi r l dr$	$V = \pi r^2 l$ נפח הגליל	$dA = 2\pi r dl$ 	 שפה חיצונית: $A = 2\pi R l$ בסיס: $A = \pi R^2$	גליל

עבודה ואנרגיה		קינמטיקה	
$W_{\vec{F}} = \vec{F} \cos \alpha \cdot S$	עבודת כוח F	$x(t) = x_0 + v_0(t-t_0) + \frac{a}{2}(t-t_0)^2$	משוואת התנועה
$\bar{P}_{\vec{F}} = W_{\vec{F}} / \Delta t$	הספק ממוצע	$v(t) = v_0 + a(t-t_0)$	משוואת המהירות
$E_K = mv^2 / 2$	אנרגיה קינטית	$v^2(t) = v_0^2 + 2a(x-x_0)$	מהירות והעתק
$E_p = mgh$	אנרגיה פוטנציאלית	$\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$	חוק שני של ניוטון
$E_S = kx^2 / 2$	אנרגיית קפיץ	$f_k = \mu_k N$	כוח חיכוך קינטי
$E = E_K + E_p + E_S$	אנרגיה מכנית כללית	$f_s \leq f_{s \max} = \mu_s N$	כוח חיכוך סטטי
$\Delta E = E_{\text{סופית}} - E_{\text{התחלתית}}$	שינוי באנרגיה	$\vec{F}_{\text{קפיץ}} = -k\vec{x}$	חוק הוק (כוח קפיץ)
$W = W_{fk} + W_{\Sigma F}$ חיצוניים	עבודה כוללת	$\vec{W} = m\vec{g}$	כוח הכובד
$W = \Delta E$	משוואת עבודה-אנרגיה	$v = \omega R$	מהירות קווית
תנועה הרמונית פשוטה		$\omega = 2\pi f = 2\pi / T$	מהירות זוויתית
$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$	משוואת התנועה	$T = 2\pi R / v = 1 / f$	זמן מחזור
$v(t) = -\omega A \sin(\omega t + \varphi)$	משוואת המהירות	$a_R = v^2 / R = \omega^2 R = 4\pi^2 f^2 R$	תאוצה מרכזית (צנטריפטלית)
$a(t) = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi)$	משוואת התאוצה		
$v = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2}$	מהירות קווית		
$\omega = \sqrt{k/m}, \omega = \sqrt{g/l}$	מהירות זוויתית		

נוסחאות זרם חילופין:

$x_L = \omega L$
 היגבים: $x_C = \frac{1}{\omega C}$
 $\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$: תדירות תהודה: $z = \sqrt{R^2 + (x_L - x_C)^2}$: עכבה,
 זרם: $i(t) = i_m \cos(\omega t)$

מתח הנגד: $V_R(t) = i_m R \cos(\omega t)$, מתח הקבל: $V_C(t) = i_m x_C \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$

מתח הסליל: $V_L(t) = i_m x_L \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$, מתח המקור: $V_{in}(t) = V_m \cos(\omega t + \varphi)$

זווית הפאזה בין מתח המקור לזרם המעגל: $\tan(\varphi) = \frac{x_L - x_C}{R}$

זרם ומתח אפקטיביים:
 $i_{eff} = \frac{i_m}{\sqrt{2}}$
 $V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$